

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-060285

(43)Date of publication of application : 28.02.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/026
G02F 1/017
H01L 27/15
H01S 5/12

(21)Application number : 2001-243626

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

(22)Date of filing : 10.08.2001

(72)Inventor : IKEDA SHIGEAKI
YAMAGUCHI TAKEJI

(54) OPTICAL INTEGRATED DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical integrated device, where sufficient extinction ratio can be obtained under high output and a low operating voltage, where the optical integrated device is formed by integrating a distribution feedback type semiconductor laser element and an EA modulator.

SOLUTION: In the optical integration device, a distribution feedback type semiconductor laser element is connected and integrated to an optical modulator utilizing a modulation system, due to electric field absorption. In this case, when the oscillation wavelength of the distribution feedback type semiconductor laser element, and the gain peak wavelength of the optical modulator are set to be λ and λ_0 , respectively, when wavelength difference $\Delta\lambda$ ($\Delta\lambda=\lambda-\lambda_0$) is at least 30 nm and less than 50 nm.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003－60285
(P2003－60285A)

(43) 公開日 平成15年 2 月28日 (2003. 2. 28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト [*] (参考)
H 0 1 S 5/026	6 1 6	H 0 1 S 5/026	6 1 6 2 H 0 7 9
G 0 2 F 1/017	5 0 3	G 0 2 F 1/017	5 0 3 5 F 0 7 3
H 0 1 L 27/15		H 0 1 L 27/15	B
H 0 1 S 5/12		H 0 1 S 5/12	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001－243626 (P2001－243626)

(22) 出願日 平成13年 8 月10日 (2001. 8. 10)

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号

(72) 発明者 池田 成明

東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

(72) 発明者 山口 武治

東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

(74) 代理人 100096231

弁理士 稲垣 清 (外 1 名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光集積デバイス

(57) 【要約】

【課題】 高出力、低動作電圧下で十分な消光比を得ることができる、分布帰還型半導体レーザ素子と E A 変調器とを集積させた光集積デバイスを提供する。

【解決手段】 本光集積デバイスは、分布帰還型半導体レーザ素子と、電界吸収による変調方式を利用した光変調器とを結合、集積化した光集積デバイスであって、分布帰還型半導体レーザ素子の発振波長を λ 、光変調器の利得ピーク波長を λ_0 とするとき、波長差 $\Delta\lambda$ ($\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$) が 30 nm 以上 50 nm 未満である。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 分布帰還型半導体レーザ素子と、電界吸収による変調方式を利用した光変調器とを結合、集積化した光集積デバイスにおいて、

分布帰還型半導体レーザ素子の発振波長を λ 、光変調器の利得ピーク波長を λ_0 とするとき、波長差 $\Delta\lambda$ ($\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$) が 30 nm 以上 50 nm 未満であることを特徴とする光集積デバイス。

【請求項 2】 分布帰還型半導体レーザ素子の活性層に設けられた量子井戸構造の量子井戸層の一層あたりの光閉じ込め係数が 0.6 % 以上 0.8 % 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の光集積デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、分布帰還型半導体レーザ素子（以下、DFB-LD と言う）と、電界吸収による変調方式を利用した光変調器（以下、EA 変調器と言う）とを結合、集積化した光集積デバイスに関し、更に詳細には、高出力、低動作電圧下で、高い消光比を示す EA 変調器を DFB-LD に集積した光集積デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 DFB-LD に EA 変調器を結合、集積した光集積デバイスは、一定電流下で駆動させる DFB-LD に LN (LiNbO_3) 変調器等の外部変調器を組み合わせた外部変調方式の光デバイスに比べて、モジュール構成が格段に小型になることから、DWDM 装置に対して要求されている小型化及び低コスト化を達成できるキー・デバイスとして注目されている。特に、上述の DFB-LD と EA 変調器とを組み合わせた光集積デバイスは、中長距離用途、特にメトロポリタン系における通信用光源として重要であって、光通信分野のキー・デバイスとなっている。

【0003】 ところで、EA 変調器は、電界による吸収係数の変化によって生じる電界吸収 (EA: Electro-Absorption) 効果を適用した光変調器であって、量子井戸構造を活性層に有する EA 変調器は、逆バイアス電圧を印加して量子閉じ込めシュタルク効果 (Quantum Confined Stark Effect) を利用することにより、エキシトン (励起子) の吸収端を長波長側 (低エネルギー側) に移動させて、DFB-LD の出射光を吸収、消光させることが可能な光素子である。消光比は、井戸層の膜厚、井戸層数等の EA 変調器の量子井戸構造の構成によって変わる。EA 変調器の量子井戸構造と DFB-LD の量子井戸構造とは必ずしも同じ構成でないので、光集積デバイスの特性を最大限に引き出すためには、DFB-LD 及び EA 変調器の量子井戸構造が、それぞれ、最適な井戸層の層数、膜厚で形成されることが重要である。

【0004】 そこで、DFB-LD 及び EA 変調器の量子井戸構造のそれぞれを最適に構成する方法として、D

FB-LD を構成する積層構造を基板上に形成した後、EA 変調器形成領域上の DFB-LD の積層構造を除去し、次いで EA 変調器を構成する積層構造を EA 変調器形成領域上に選択成長させて、両者を結合させるバットジョイント (突き合わせ結合) 方式が開発されている。

【0005】 ここで、図 8 及び図 9 を参照して、DFB-LD と EA 変調器とをバットジョイント方式で結合、集積した光集積デバイスの構成を説明する。図 8 は従来の光集積デバイスの構成を示す部分破断斜視図、及び図 9 は図 8 の線 II-II の断面図である。光集積デバイス 10 は、図 8 に示すように、共通の n 型基板 12 上に、DFB-LD 14 と EA 変調器 16 と結合、集積した光集積デバイスである。DFB-LD 14 は、下部クラッド層 18、下部 SCH 層 20、MQW 活性層 22、回折格子 24、上部クラッド層 26、及び再成長クラッド層 27、コンタクト層 28 からなる積層構造を備えている。EA 変調器 16 は、下部クラッド層 30、SCH 層 32、MQW 活性層 34、共通の上部クラッド層 26、及びコンタクト層 28 からなる積層構造を備えている。DFB-LD 14 及び EA 変調器 16 は、それぞれ、コンタクト層 28 上に p 側電極 35A、B、及び n 型基板 12 の裏面に共通の n 側電極 36 を備えている。

【0006】 DFB-LD 14 の積層構造のうち、図 9 に示すように、上部クラッド層 26、回折格子 24、MQW 活性層 22、下部 SCH 層 20、下部クラッド層 18、及び n 型基板 12 の上部は、メサ 37 として形成されている。メサ 37 の両脇は、順次、成長させた、半絶縁性の Fe ドープ InP 層 38、及び n 型 InP 層 39 で埋め込まれ、横方向の電流閉じ込め構造が形成されている。半絶縁性の Fe ドープ InP 層 38 を設けるのは、電子トラップ層として働かせると同時に、寄生容量を低減するためである。更に、容量低減のために、メサ 37 に沿って積層構造をエッチングして、トレンチ 40 が形成されている。メサ 37 上及び n 型 InP 層 39 上には、再成長クラッド層 27、及びコンタクト層 28 が順次積層され、更に p 側電極 35A が設けてある。

【0007】 DFB-LD の発振波長と EA 変調器の吸収端波長との波長差で規定されるデチューニング量 $\Delta\lambda$ は、DFB-LD と EA 変調器とを集積させた光集積デバイスの挿入損失、動作電圧に大きく影響する重要な因子である。つまり、無バイアス時の EA 変調器の吸収スペクトルのどのあたりに動作波長、即ちレーザ発振波長を設定するかによって、EA 変調器の挿入損失が大きく変動する。図 10 は、デチューニング量 $\Delta\lambda$ と光吸収スペクトルとの関係を示すグラフであって、EA 変調器に印加する電圧をパラメータとして、横軸に光源である DFB-LD の発振波長を示し、印加電圧が 0 V であるときの EA 変調器の利得ピーク波長を λ_0 としたときの光吸収量を縦軸に示している。 λ_0 、 λ_1 、及び λ_2 との

間には、 $\lambda_0 < \lambda_1 < \lambda_2$ の関係がある。

【0008】図10から判るように、レーザ発振波長を λ_0 に近い波長である λ_1 に設定したときには、EA変調器に印加する電圧 $V_m = 0$ Vでも、比較的大きな光吸収が生じるので、挿入損失が大きいという不利がある。また、印加電圧 V_m が $V_m = -1$ V、或いは $V_m = -2$ Vでも、同じ程度の光吸収が生じる。更には、 $V_m = -1$ V、或いは $V_m = -2$ Vという低い印加電圧でも、エキシトン吸収端波長が長波長側に大きくシフトするため、動作電圧 V_m を低く設定でき、比較的低電圧で完全

に消光することが可能になる。

【0009】レーザ発振波長を λ_1 より長い λ_2 に設定したときには、 $V_m = 0$ Vで光吸収が小さいことから、挿入損失は小さいという利点がある。しかし、印加電圧を0 Vから -1 V、更には -2 Vに高くしても、光吸収量が増大せず、完全に消光することができないこと、同じ消光比を得るための印加電圧がレーザ発振波長が λ_1 のときに比べて高いので、動作電圧が高くなるという不利益がある。

【0010】すなわち、デチューニング量の設定では、動作電圧の高低と挿入損失の大小とは、トレードオフの関係にあり、動作電圧を低減させると、挿入損失が増大し、挿入損失を低減させると、動作電圧が高くなる。従来は、光源を構成する半導体レーザ素子の発振波長に対してEA変調器の吸収端波長を50～70 nm短波長側（＝高エネルギー側）に設定することが、即ち $\Delta\lambda = 50 \sim 70$ nm程度が、最適とされていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、 $\Delta\lambda = 50 \sim 70$ nmの従来のデチューニング量の設定では、30 mW位の高出力で、かつ -2 V位の低印加電圧では、10 dB以上の十分な消光比を得ることができないという問題があった。

【0012】例えば、印加電圧が0 VであるときのEA変調器の利得ピーク波長 λ_0 を1510 nm、デチューニング量 $\Delta\lambda$ を $\Delta\lambda = 50$ nmに、つまり発振波長 λ_1 を1560 nmに設定したとき、EA変調器に印加する電圧 V_m をパラメータにして、注入電流強度と光出力との関係は、図11（a）に示すようになる。図11

（a）では、消光特性は良好であり、低動作電圧でも十分に消光しているものの、 $V_m = 0$ Vでの光出力が小さい。これはデチューニング量が50 nmと小さいために、挿入損失が大きくなるからである。

【0013】また、EA変調器の利得ピーク波長 λ_0 を1510 nm、デチューニング量 $\Delta\lambda$ を $\Delta\lambda = 70$ nm、つまり発振波長 λ_1 を1580 nmに設定したとき、EA変調器に印加する電圧 V_m をパラメータにして、注入電流強度と光出力との関係は、図11（b）に示すようになる。図11（b）では、 $V_m = 0$ Vでの光出力は大きいものの、図11（a）と同じ消光比を得る

ためには、印加電圧を高くせざるを得ないことから、EA変調器の低電圧動作は難しく、また、十分な消光比が得られていない。

【0014】すなわち、DFB-LDとEA変調器との光集積デバイスでは、従来の基準に従ってデチューニング量を設定したとき、高出力かつ低動作電圧下で十分な消光比を得ることができないという問題があった。

【0015】そこで、本発明の目的は、高出力、低動作電圧下で十分な消光比を得ることができる、分布帰還型半導体レーザ素子とEA変調器とを集積させた光集積

デバイスを提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明者は、最適なデチューニング量を見い出すために、多数回の実験の末、デチューニング量 $\Delta\lambda$ を30 nm以上50 nm未満とすることにより、好適には30 nm以上45 nm以下にすることにより、高出力かつ低動作電圧下で十分な消光比を得ることができる、分布帰還型半導体レーザ素子と光変調素子とを集積させた光集積デバイスを実現することができることを見出した。例えば光変調素子の利得ピーク波長 λ_0 を1510 nm、デチューニング量 $\Delta\lambda$ を $\Delta\lambda = 40$ nm、つまり発振波長 λ_1 を1550 nmに設定したとき、EA変調器に印加する電圧 V_m をパラメータにして、注入電流強度と光出力との関係は、図7に示すようになる。図7では、 $V_m = 0$ Vでの光出力が大きく、しかも印加電圧が低くても、十分な消光比が得られる。

【0017】上記目的を達成するために、上述の知見に基づいて、本発明に係る光集積デバイスは、分布帰還型半導体レーザ素子と、電界吸収による変調方式を利用した光変調器とを結合、集積化した光集積デバイスにおいて、分布帰還型半導体レーザ素子の発振波長を λ 、光変調器の利得ピーク波長を λ_0 とすると、波長差 $\Delta\lambda$

（ $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ ）が30 nm以上50 nm未満であることを特徴としている。本発明は、基板、分布帰還型半導体レーザ素子及びEA変調器を構成する化合物半導体層の組成、膜厚には制約はない。

【0018】好適には、分布帰還型半導体レーザ素子の活性層に設けられた量子井戸構造の量子井戸層の一層あたりの光閉じ込め係数が0.6%以上0.8%以下である分布帰還型半導体レーザ素子の高出力化を図るためには、SCH（Separate Confinement Heterostructure）構造を量子井戸構造の外側に設け、膜厚を例えば10～20 nm程度に調節して光閉じ込め係数を小さくする。好ましくは、光閉じ込め係数を0.6%以上0.8%以下の範囲にする。また、光閉じ込め係数を0.6%以上0.8%以下に設定したときには、量子井戸数は、高出力化のために導波路損失を低減させるという理由から、5又は6にするのが望ましい。

【0019】量子井戸構造の光閉じ込め係数を0.6%

以下にすると、分布帰還型半導体レーザ素子の導波路損失は減るものの、利得が大きくならないために、高出力化を図るためには、共振器長を長くすることが必要になる。しかし、分布帰還型半導体レーザ素子では、共振器長を長くすると、縦単一モード性が低下するために、所定の特性を備えた光集積デバイスの製品歩留まりが低下する。一方、光閉じ込め係数を0.8%以上にすると、光閉じ込め性が強くなるため、分布帰還型半導体レーザ素子の利得は大きくなるものの、導波路損失が大きくなるため、十分な光出力を得ることができない。

【0020】

【発明の実施の形態】以下に、実施形態例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。尚、以下の実施形態例で示す成膜方法、化合物半導体層の組成及び膜厚、リッジ幅、プロセス条件等は、本発明の理解を容易にするための一つの例示であって、本発明はこの例示に限定されるものではない。

実施形態例

本実施形態例は、本発明に係る光集積デバイスの実施形態の一例であって、図1は本実施形態例の光集積デバイスのDFB-LDの活性層の層構造及びバンドギャップ・エネルギーを示す図、及び図2はEA変調器の活性層の層構造及びバンドギャップ・エネルギーを示す図である。本実施形態例の光集積デバイスは、図8に示すように、DFB-LD14とEA変調器16とをバットジョイント方式で結合、集積した光集積デバイスであって、以下に特定された活性層構造を備えていることを除いて、前述の光集積デバイス10と同じ構成を有する。

【0021】DFB-LD14の活性層構造42は、図1に示すように、量子井戸構造44と、2段SCH構造46と、回折格子48とから構成されている。EA変調器16の活性層構造50は、図2に示すように、量子井戸構造52と、SCH構造54とから構成されている。

【0022】DFB-LD14の活性層構造42に設けられた量子井戸構造44は、図1に示すように、バンドギャップ波長が1550nmに設定され、膜厚が4.5nmの6個の量子井戸層と、バンドギャップ波長が1200nmに設定され、膜厚が12nmの障壁層とから構成されている。2段SCH構造46は、量子井戸構造44の外側に光閉じ込めのために設けられており、バンドギャップ波長が1100nmで、膜厚が20nmの第1段目SCHと、バンドギャップ波長が1200nmで、膜厚が12nmの第2段目SCHとから構成されている。これにより、量子井戸構造44の光閉じ込め係数は、0.75%程度に設定される。回折格子48は、膜厚200nmのInP層からなるスペーサ層47を介して2段SCH構造46上に設けられており、バンドギャップ波長が1500μmで膜厚が20nmの化合物半導体層で構成され、発振波長は1550nmに設定されている。

【0023】EA変調器16の活性層構造50に設けられた量子井戸構造52は、図2に示すように、バンドギャップ波長が1510nmに設定され、膜厚が10nmの5個の量子井戸層と、バンドギャップ波長が1100nmに設定され、膜厚が4nmの障壁層とから構成されている。つまり、本実施形態例では、活性層構造50の利得ピーク波長は1510nmに設定されていて、デチューニング量 $\Delta\lambda$ は、 $\Delta\lambda=40$ nmになる。SCH構造54は、バンドギャップ波長が1100nmで、膜厚が50nmの化合物半導体層で構成されていて、光のモードフィールドが近くなるように設定されている。

【0024】本実施形態例の光集積デバイスでは、EA変調器16の共振器長を150μmから200μmとやや短めに設定し、DFB-LD14の共振器長を500μmから600μmと長めに設定することにより、EA変調器16に印加するVmが0Vでの光出力をある程度高く維持しつつ、比較的低動作電圧下でも10dB以上の消光比を得ることができる。

【0025】図3から図6を参照して、本実施形態例の光集積デバイスの作製方法を説明する。図3(a)から(c)、及び図4(d)と(e)は、それぞれ、本実施形態例の光集積デバイスを作製する際の工程毎の図8の矢視III-IIIの断面図である。また、図5(a)から(c)、及び図6(d)と(e)は、それぞれ、図3(a)から(c)、及び図4(d)と(e)の線I-Iの断面図である。図3(a)に示すように、n型基板12上に、下部クラッド層18、多重量子井戸構造及び2段SCH構造を含む活性層構造42、及びMQW活性層22を順次エピタキシャル成長させる。次いで、回折格子形成層として例えばバンドギャップ波長が1500nmの化合物半導体層(図示せず)を成長させ、続いて、回折格子形成層をエッチングして、回折格子48を形成し、上部クラッド層26を成長させて、回折格子48を埋め込む。

【0026】次いで、例えばSiN等の誘電体膜からなるマスク(図示せず)をDFB-LD形成領域62上に形成し、DFB-LD形成領域62上の積層構造を残して、EA変調器形成領域64上の積層構造をエッチングして除去し、次いでEA変調器16の下部クラッド層30、活性層構造50、及びMQW活性層34を含む積層構造を選択的に成長させ、誘電体膜マスク(図示せず)を除去する。

【0027】次いで、改めて、誘電体膜を全面に成膜し、パターニングして、図3(b)及び図5(b)に示すように、例えば幅2μm程度のストライプ状マスク66を形成する。次いで、DFB-LD形成領域62及びEA変調器形成領域64の積層構造をn型基板12の上部までドライエッチング法によりエッチングして、図3(b)及び図5(b)に示すように、メサ37を形成する。次に、図3(c)及び図5(c)に示すように、半

絶縁性のF eドープI n P層38、nドープI n P層39を順次成長させて、メサ37の両脇を埋め込み、横方向の電流閉じ込め構造を形成する。半絶縁性のF eドープI n P層38を設けるのは、電子トラップ層として働かせると同時に、寄生容量を低減するためである。

【0028】次いで、ストライプ状マスク66を除去し、図4(d)及び図6(d)に示すように、再成長クラッド層27、及びコンタクト層28を成膜する。続いて、図4(e)に示すように、コンタクト層28をエッチングして、DFB-LD14とEA変調器16とを電気的に分離し、かつ容量低減のために、図6(e)に示すように、メサ37に沿って積層構造を除去して、トレンチ40を形成する。次いでコンタクト層28上にDFB-LD14及びEA変調器16のp側電極35A、Bを形成し、更にn型基板12の裏面を研磨して基板厚さを所定の厚さに調整した後、裏面に共通のn側電極36を形成する。これにより、DFB-LD14とEA変調器16とをバットジョイント方式で結合、集積させた本実施形態例の光集積デバイスを作製することができる。

【0029】上述のようにして作製した本実施形態例の光集積デバイスのデバイス特性を図7に示す。図7から判る通り、EA変調器16に対する印加電圧が-2Vのとき、消光比10dB以上を得ることができる。また、EA変調器を無バイアス($V=0V$)とし、DFB-LDの注入電流強度を200mAとすると、光出力が10mWであった従来の光集積デバイスに比べて、本実施形態例の光集積デバイスは、30mWの光出力を得ることができる。尚、従来の光集積デバイスとは、デチューニング量 $\Delta\lambda$ が50nmに設定されている光集積デバイスであって、注入電流強度と光出力との関係が図11

(a)で示されるものを言う。以上のことから、本実施形態例の光集積デバイスは、高出力、低動作電圧下で良好な消光比を得ることができる。

【0030】本実施形態例では、I n P基板に格子整合または近い格子定数を持つI n G a A s P系のEA-DFB及びEA変調器を集積させた光集積デバイスを例に挙げているが、I n P基板に格子整合または近い格子定数を持つI n G a A l A s系のEA-DFB及び受動素子を集積させた光集積デバイスの作製にも適用できることは言うまでもない。更には、I n P基板に限らず、例えばG a A s基板に格子整合または近い格子定数を持つ積層構造のDFB-LD及び受動素子を集積させた光集積デバイスの作製にも適用できる。また、EA変調器に代えて、例えば導波路であるMMI (Multi Mode Interference) カプラー等をDFB-LDに集積化した光集積デバイスの作製にも適用できる。

【0031】

【発明の効果】本発明によれば、分布帰還型半導体レーザ素子の発振波長と光変調器の利得ピーク波長との波長差として規定されるデチューニング量 $\Delta\lambda$ を30nm以

上50nm未満の範囲に設定することにより、高出力、低動作電圧下で高い消光比を示すEA変調器と分布帰還型半導体レーザ素子とを集積させた光集積デバイスを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例の光集積デバイスのDFB-LDの活性層の層構造及びバンドギャップ・エネルギーを示す図である。

10 【図2】実施形態例の光集積デバイスのEA変調器の活性層の層構造及びバンドギャップ・エネルギーを示す図である。

【図3】図3(a)から(c)は、それぞれ、実施形態例の光集積デバイスを作製する際の工程毎の図8の矢視III-IIIの断面図である。

【図4】図4(d)と(e)は、それぞれ、図3(c)に続いて、実施形態例の光集積デバイスを作製する際の工程毎の図8の矢視III-IIIの断面図である。

【図5】図5(a)から(c)は、それぞれ、図3(a)から(c)の線I-Iの断面図である。

20 【図6】図6(d)と(e)は、それぞれ、図4(d)と(e)の線I-Iの断面図である。

【図7】実施形態例の光集積デバイスの注入電流強度と光出力との関係を示すグラフである。

【図8】従来の光集積デバイスの構成を示す部分破断斜視図である。

【図9】図8の線II-IIの断面図である。

【図10】EA変調器に印加する電圧 V_m をパラメータにして、デチューニング量と消光比との関係を説明するグラフである。

30 【図11】図11(a)と(b)は、それぞれ、EA変調器に印加する電圧 V_m をパラメータにして、注入電流強度と光出力との関係を示すグラフである。

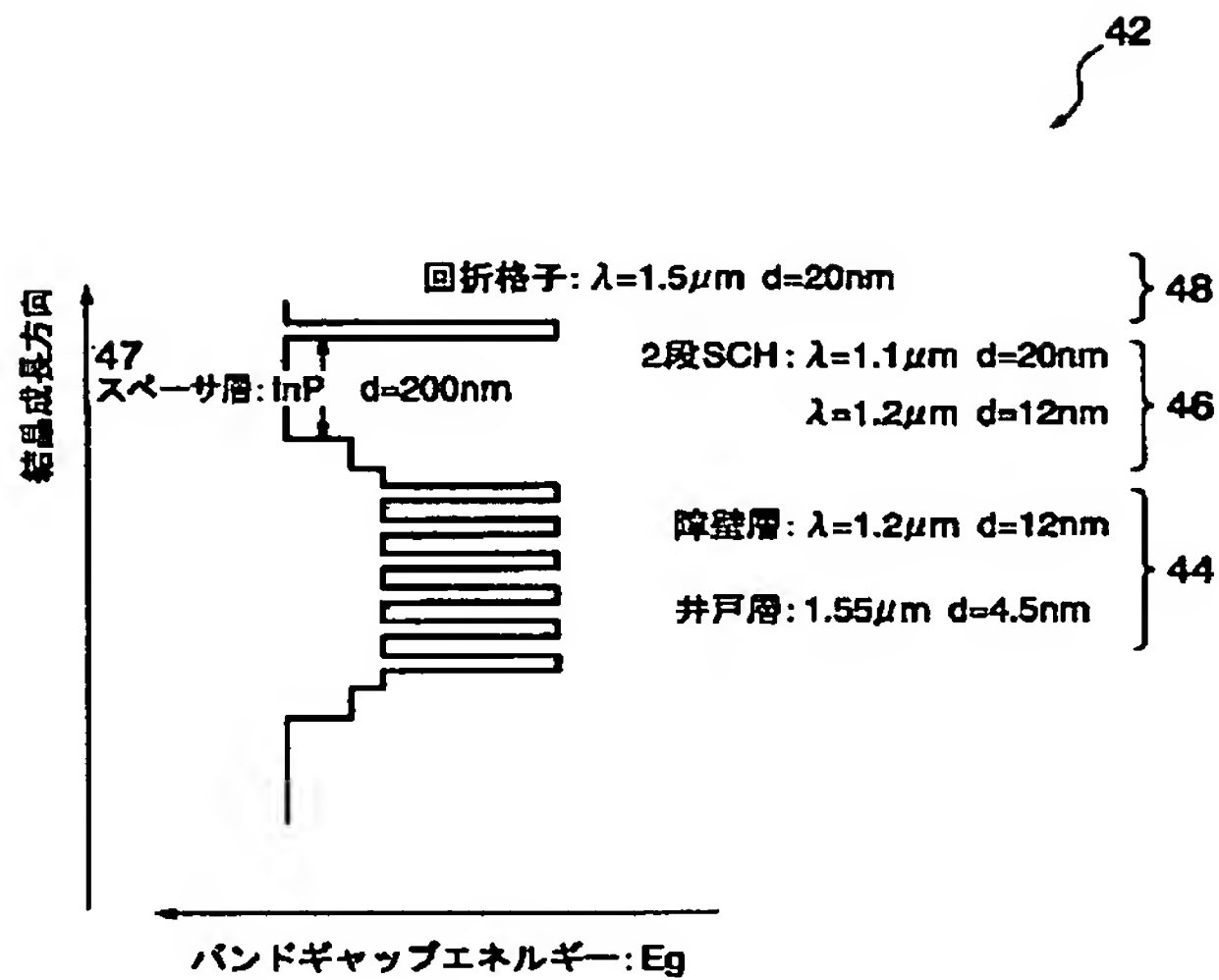
【符号の説明】

- 10 光集積デバイス
- 12 n型基板
- 14 DFB-LD
- 16 EA変調器
- 18 下部クラッド層
- 20 下部SCH層
- 40 22 MQW活性層
- 24 回折格子
- 26 上部クラッド層
- 27 再成長クラッド層
- 28 コンタクト層
- 30 下部クラッド層
- 32 SCH層
- 34 MQW活性層
- 35A、B 一方の電極
- 36 共通の他方の電極
- 50 37 メサ

9

- 38 半絶縁性のFeドープInP層
- 39 n型InP層
- 40 トレンチ
- 42 DFB-LDの活性層構造
- 44 量子井戸構造
- 46 2段SCH構造
- 48 回折格子

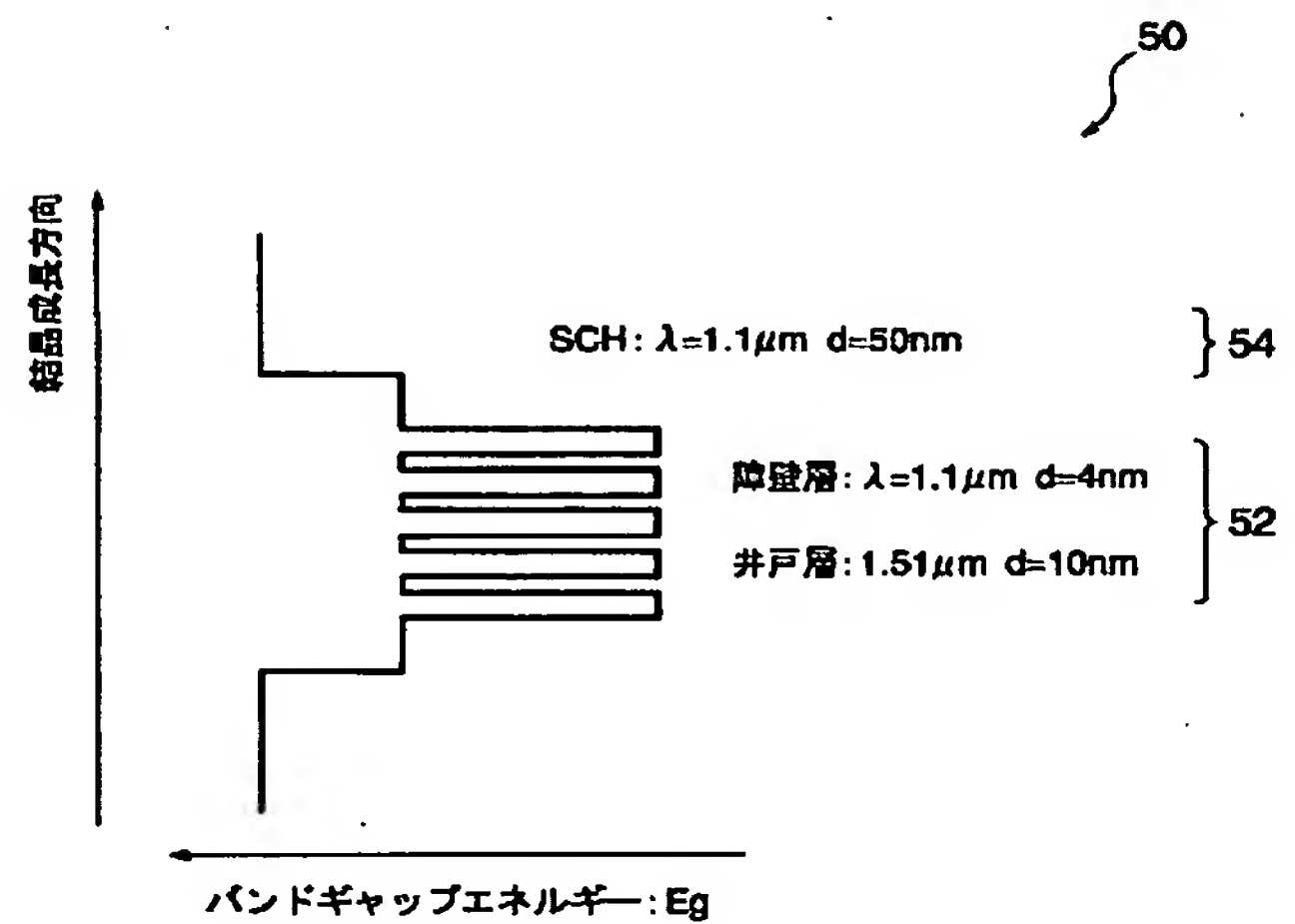
【図1】



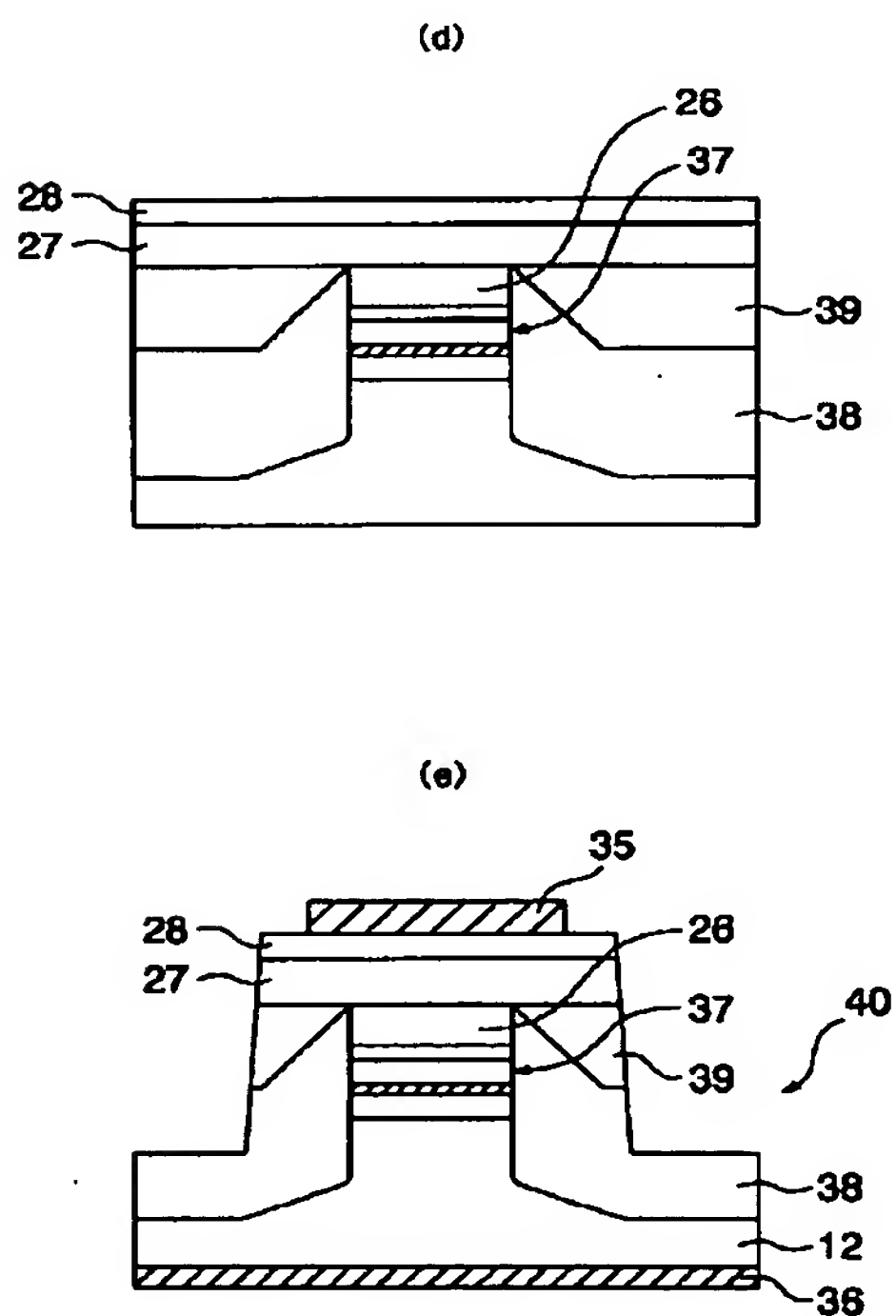
10

- 50 EA変調器の活性層構造
- 52 量子井戸構造
- 54 SCH構造
- 62 DFB-LD形成領域
- 64 EA変調器形成領域
- 66 ストライプ状マスク

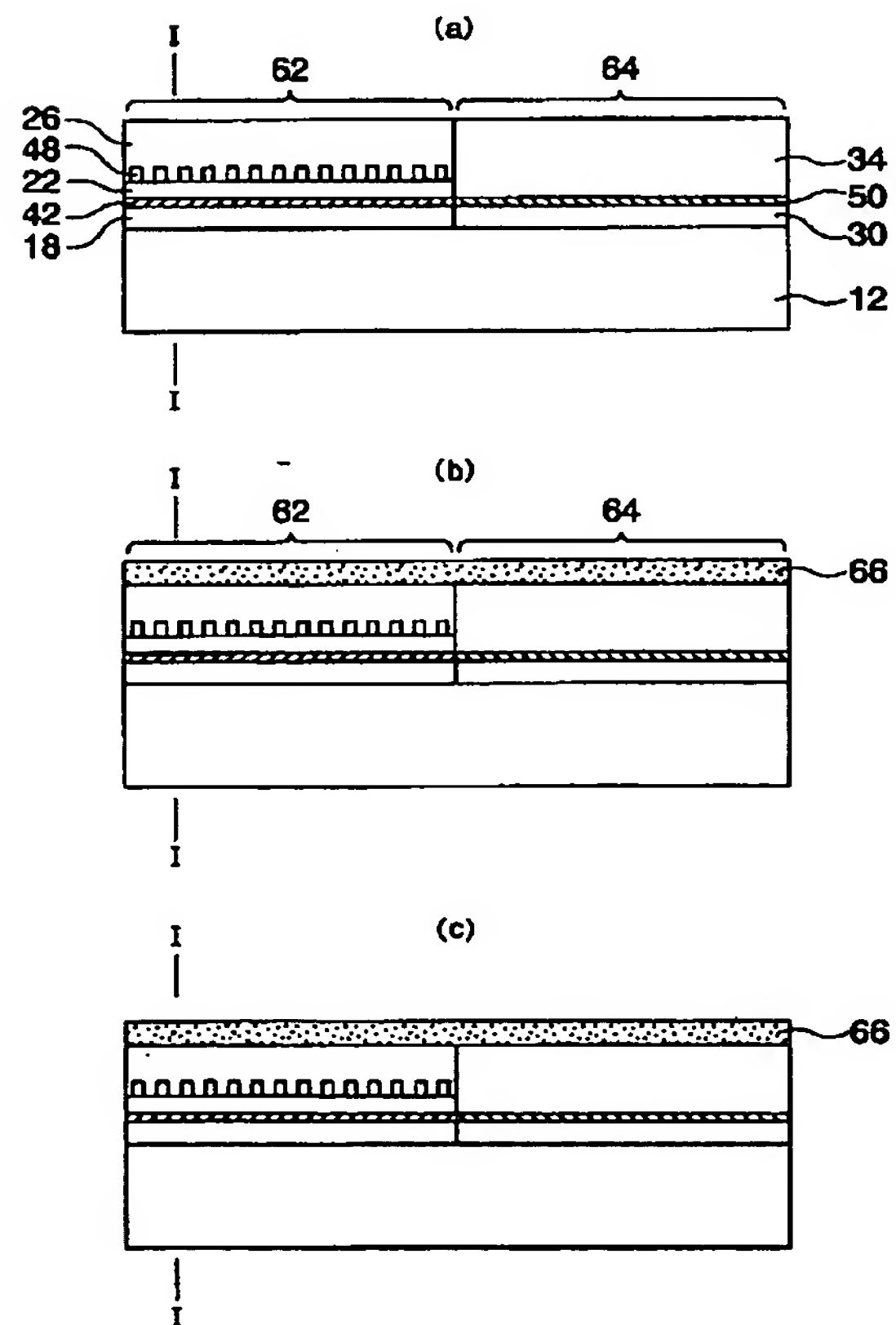
【図2】



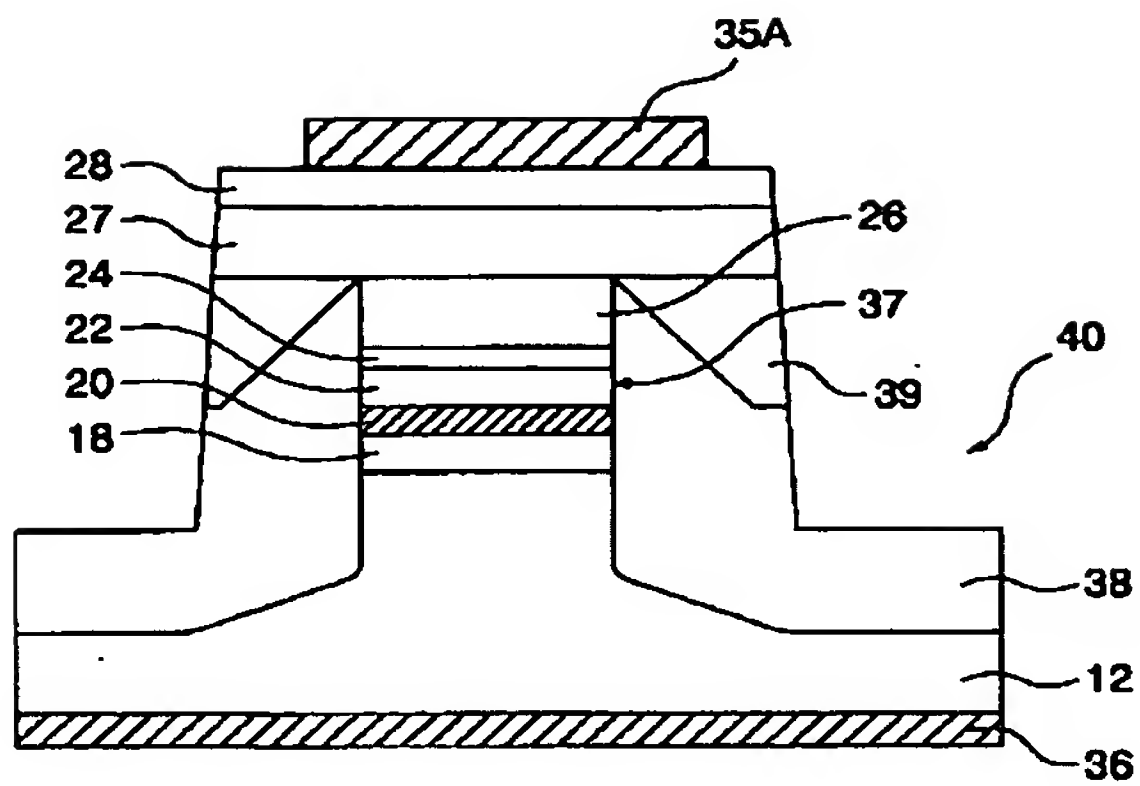
【図6】



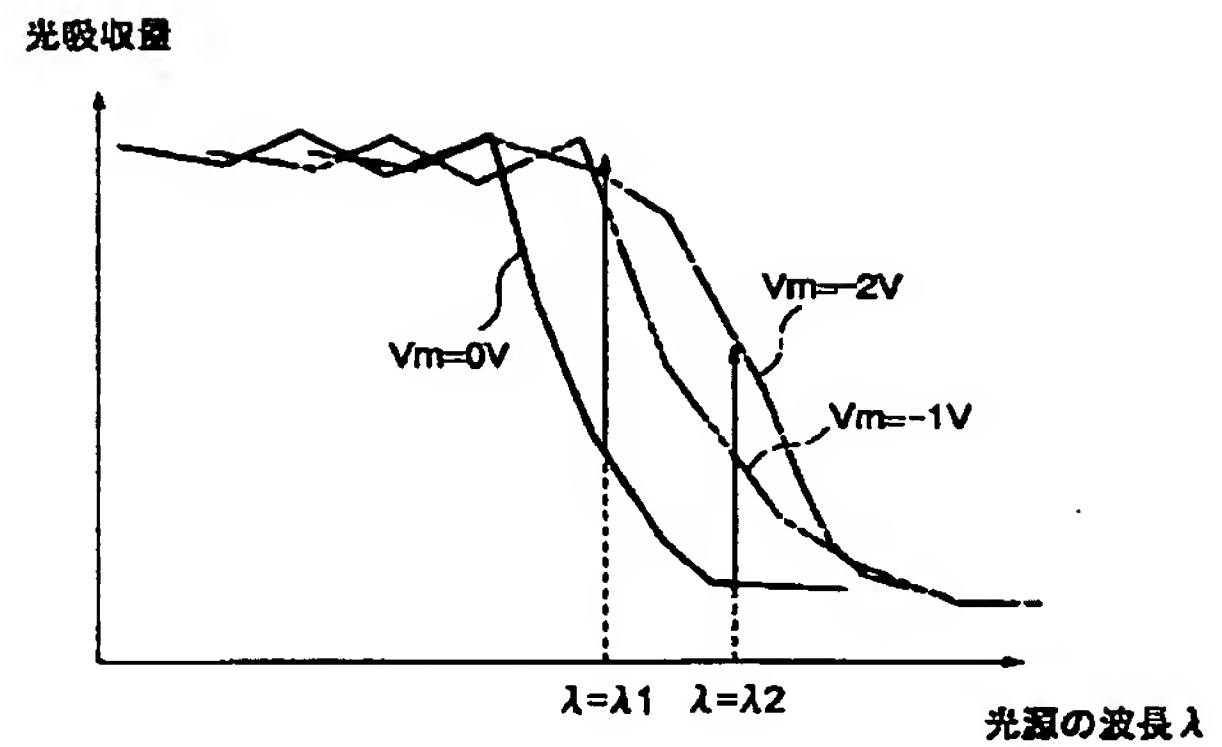
【図3】



【図 9】

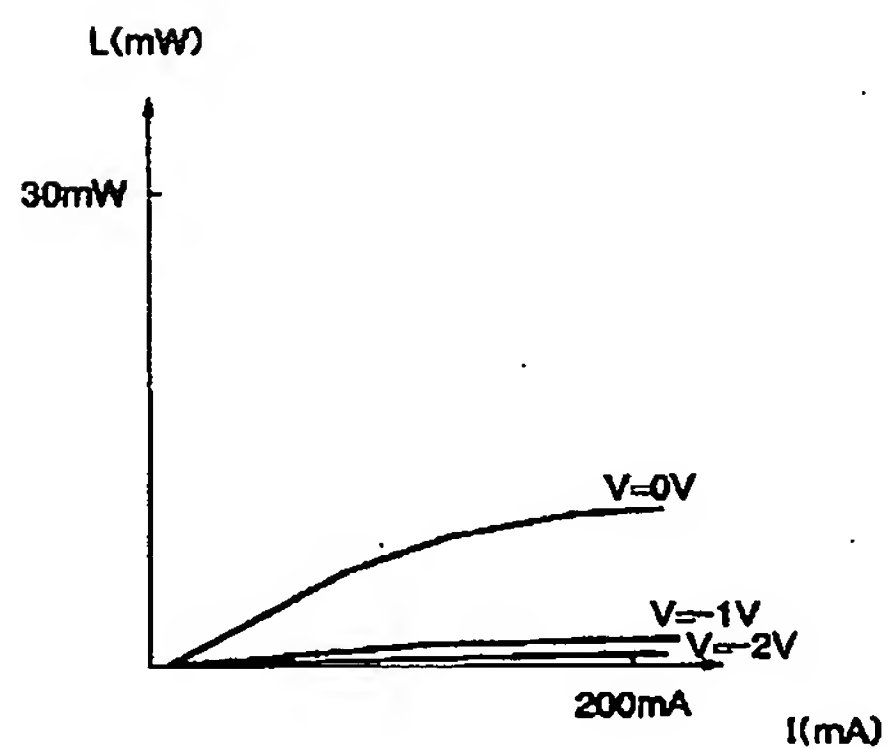


【図 10】

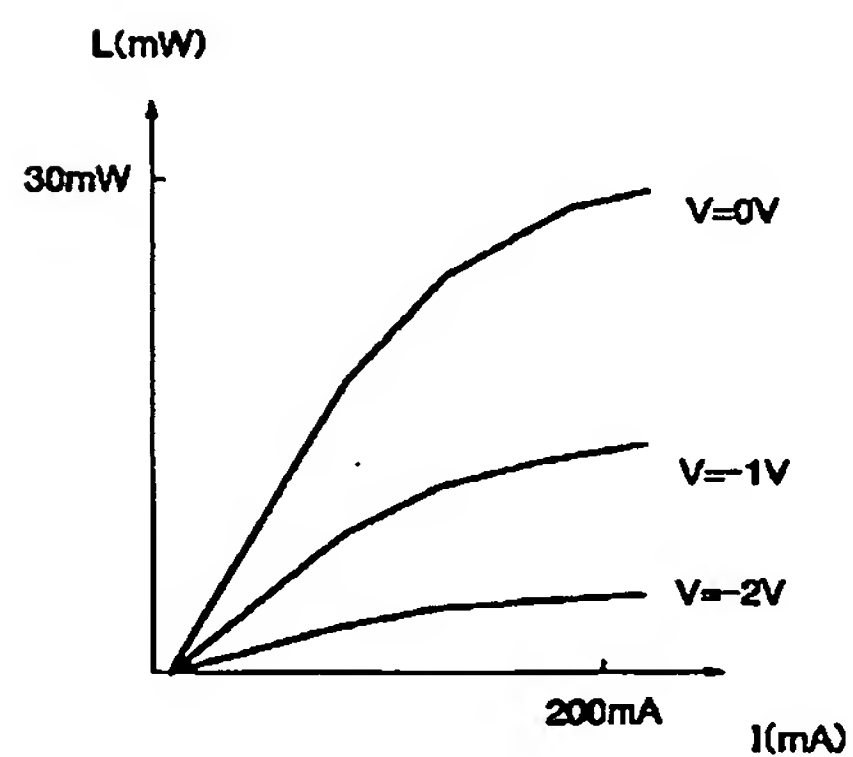


【図 11】

(a)



(b)



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H079 AA02 AA12 BA01 DA16 EA07
 EA08 EB04 KA18
 5F073 AA22 AA54 AA74 AB12 AB21
 CA13 CB02 DA24 EA20 EA29